REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
ANNO CCLXXIV (1876-77)

SOPRA IL MIDOLLO SPINALE

ED

IL LOBO ELETTRICO DELLA TORPEDINE

PER

MAX REICHENHEIM

ROYAL COLLEGE OF SURGEONS LIBRARY

Lavoro eseguito nel laboratorio di Anatomia e Fisiologia comparata della R. Università di Roma. IX.

CON TRE TAVOLE

FIRENZE — ROMA — TORINO
Ermanno Loescher e C.°
1877

Serie 3.ª — *Memorie della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.*
Vol. I.° — *Seduta del 7 Gennajo 1877.*

I. Sopra il midollo spinale della torpedine.

Quando si denuda nella torpedine dalla parte dorsale l'insieme dei centri nervosi, si trova, riguardo all'anatomia grossolana del midollo spinale, quanto appresso:

Il midollo spinale si congiunge colle masse più grandi dell'organo centrale nervoso, situate nella cavità del cranio cartilagineo, per mezzo di un midollo allungato, il quale, come in tutti i vertebrati, è sviluppato in tutti i diametri più che non il midollo spinale istesso. Dovendosi determinare il limite del midollo allungato verso il midollo spinale, sarebbe opportuno stabilire questo limite negli individui adulti alla distanza di un centimetro dall'estremità posteriore del lobo elettrico; imperocchè appunto per questo tratto giace il midollo allungato su quel pezzo cartilagineo unico ed a forma di pala, il quale corrisponde alla parte basilare dell'osso occipitale. Soltanto ad un centimetro dall'estremità posteriore del lobo elettrico termina questo pezzo cartilagineo non diviso, e quivi si annettono le singole vertebre cartilaginee della colonna vertebrale, le quali seguono a decorrere regolarmente fino alla punta della coda.

Dalla porzione dell'asse cerebro-spinale, denominata midollo allungato (il quale trovasi circoscritto in basso dal midollo spinale propriamente detto ed in alto dal lobo elettrico), hanno origine numerose radici nervose, le quali escono dalla teca cartilaginea degli organi centrali, per mezzo dei forami che esistono nel sopramenzionato pezzo cartilagineo. Il loro numero è molto variabile, e difficile perciò ad essere con sicurezza stabilito. Il numero delle anteriori (inferiori) apparisce essere superiore a quello delle posteriori (superiori). Delle anteriori, in un medesimo individuo, se ne contavano tredici, delle posteriori dieci.

Il midollo spinale propriamente detto, nella sua parte superiore, fa regolarmente uscire per ogni forame intervertebrale un pajo di radici fino alla 27ª vertebra. Dalla 28ª vertebra in poi questo rapporto cambia ed i nervi che escono dal midollo spinale vengono ad essere separati, non più da uno, ma da due corpi di vertebre. Questo rapporto resta costante fino alla 59ª vertebra. Al di là della 59ª vertebra

fino all' apice della coda, non fu più possibile costatare alcuna uscita di radici nervose, benchè il numero delle piccole vertebre, fino all'estremo termine della colonna vertebrale, sia di 40 all'incirca. In questo modo viene stabilito che la colonna vertebrale della torpedine è composta da circa 100 singole vertebre, delle quali solo 43 danno passaggio a radici nervose: di queste 43 e prime 27 si trovano tra le prime 28 vertebre, e le 16 successive tra la 28ª e la 59ª vertebra.

Un taglio sottile trasverso della porzione superiore della midolla spinale indurita, trattato cogli ordinarî e ben conosciuti metodi per l'esame microscopico degli organi centrali del sistema nervoso, fa vedere la seguente struttura microscopica, rappresentata dalla fig. 1.

Il taglio trasverso del midollo spinale rassomiglia ad un triangolo equilatero con angoli arrotondati. Precisamente nel mezzo della figura si trova il canale centrale *Cc* rivestito da un molle epitelio. Il midollo spinale ha il suo maggiore diametro trasverso nella porzione anteriore (inferiore). Verso la sua superficie posteriore (superiore) questo diametro decresce continuamente. Così avviene che la superficie anteriore, ed ambedue le superficie laterali del midollo spinale, corrispondono alla base ed ai lati del triangolo equilatero, e la superficie posteriore corrisponde all'angolo della punta, il quale è più dei due altri arrotondato. Molto caratteristica è l'immagine del taglio trasverso, che risulta dalla distribuzione speciale della sostanza grigia e bianca. Quasi la metà del midollo spinale viene occupata dai cordoni bianchi anteriori fortemente sviluppati, i quali respingono la sostanza grigia dalla superficie anteriore del midollo spinale, verso la sua parte posteriore.

Come in tutti i vertebrati, la sostanza grigia è divisa nelle due parti nettamente distinte che si chiamano corna anteriori e corna posteriori. Queste corna di sostanza grigia si mettono in comunicazione fra loro per mezzo di molteplici prolungamenti della medesima sostanza grigia, i quali attraversano specialmente la regione dei cordoni laterali.

Le corna anteriori *Ca* incominciano al lato del canale centrale *Cc* sotto forma di strette liste, le quali dopo un breve decorso laterale, arrivate al mezzo di ciascuna metà laterale del midollo spinale, si allargano per formare una considerevole espansione. In questa regione le cellule ganglionari, grandi e piccole, trovansi molto fitte e quasi in immediato contatto l'una coll'altra. Il loro più forte addensamento, come mostra la fig. 10, si trova nella vicinanza immediata ed al di sotto dell'epitelio del canale centrale, ove paiono situate le più grandi. In queste cellule ganglionari, le quali furono studiate esclusivamente nei tagli trasversi e giammai coi metodi d'isolazione, si vedono le particolarità rappresentate nelle due figg. 10 e 9, la quale ultima contiene una scelta di singole cellule: le cellule possiedono un grosso nucleo ellittico, nel quale, nei preparati fatti con materiale indurito, non è visibile un nucleolo. I corpi delle cellule sono granulati e di forma fortemente allungata e fusiforme. Gli assi lunghi di queste cellule fusiformi coincidono quasi sempre con il taglio trasverso della midolla spinale.

Sono molto rare quelle cellule ganglionari, il corpo delle quali ha uno sviluppo marcato nel suo diametro trasverso. Sopra il numero dei processi non si hanno dati positivi, essendosi limitate le ricerche all'esame dei soli tagli trasversi. Quello però

che si può rilevare si è, che i processi per la massima parte escono dai poli delle cellule ed hanno tendenza a decorrere nel piano della sezione trasversa del midollo spinale: almeno, nei singoli tagli trasversi, si possono seguire i prolungamenti di cellula per un tratto molto lungo. Inoltre è rimarchevole il decorso fortemente serpiginoso dei prolungamenti cellulari.

Dalla massa centrale di ciascuna metà laterale del midollo spinale, ove è accumulata fortemente la sostanza grigia, e la quale rappresenta la regione principale delle corna anteriori, originansi le radici anteriori, le quali come tante strie fibrillari sottili, delicate, con decorso ondoso, attraversando la sostanza bianca dei cordoni anteriori, si dirigono verso la periferia del midollo spinale, donde escono da ambedue gli angoli laterali del taglio trasverso triangolare. Nel taglio trasverso rappresentato nella fig. 1, le radici anteriori sono tracciate da un lato solo.

Le corna posteriori del midollo spinale della torpedine, per il preponderante sviluppo dei cordoni anteriori e delle corna anteriori, sono spinte nella angusta sezione posteriore del midollo spinale ed occupano i centri delle metà posteriori del midollo. Non trovansi in alcun rapporto con il canale centrale. Invece sono messe in comunicazione colla massa principale delle corna anteriori, e fra di loro, per mezzo di molte e fine trabecole di sostanza grigia. Così la regione dei cordoni laterali, ed anco più quella dei cordoni posteriori, viene attraversata da una densa rete di sostanza grigia, della quale i due centri vengono rappresentati dalle corna posteriori. Le cellule ganglionari, le quali popolano le corna posteriori ed il reticolo della sostanza grigia che ne esce, sono straordinariamente piccole e poco appariscenti, cosicchè sulla loro forma non è possibile dare un esatto ragguaglio. Qualche volta, si vedono nella regione delle corna posteriori anche grandi cellule ganglionari, il carattere anatomico delle quali corrisponde per intiero alle sopra descritte proprietà delle cellule ganglionari delle corna anteriori.

Le radici posteriori, essendo le corna posteriori direttamente situate alla periferia della midolla spinale, hanno un decorso intramidollare breve, il quale però non riesce facile a determinarsi, perchè esse non attraversano il midollo spinale nel senso trasversale, ma con un decorso obliquo; esse non sono state riprodotte nel taglio trasverso della fig. 1. Il loro egresso non trovasi molto lontano dalla superficie posteriore del midollo spinale.

La letteratura sul midollo spinale della torpedine è la stessa di quella sul midollo spinale dei selaci che, come si sa, è molta scarsa.

Charles Robin (1) ha dimostrato e Stannius (2) l'ha confermato, che nella coda delle raje una radice anteriore ed una posteriore corrisponde sempre a due vertebre diverse: attraverso l'arco di una vertebra esce la radice anteriore; per quello della vertebra successiva esce la radice posteriore.

Fino ad oggi il solo Stieda (3) ha eseguito delle ricerche col metodo di Stilling

(1) Annales des sciences naturelles (Zoologie). Paris 1847, 3e série tome VII p. 224.

(2) *Das peripherische Nervensystem der Fische.* Rostock 1849, p. 115.

(3) *Sul cervello e sul midollo spinale delle Raje e degli Squali.* Rendiconto della R. Accademia delle scienze fisiche e matematiche di Napoli, 12 dicembre 1872. — *Ueber den Bau des Rückenmarks der Rochen und Haie.* Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, XXIII p. 435. 1873.

sul midollo spinale dei pesci cartilaginei, ed in esse ha descritto e raffigurato anche il taglio trasverso del midollo spinale della torpedine, in un modo poco differente dalla descrizione data di sopra. Forse le piccole differenze fra le due descrizioni si possono spiegare con questo che Stieda ha preso per base delle sue ricerche non la porzione superiore ma quella inferiore più larga del midollo spinale.

II. Sopra il lobo elettrico della torpedine.

1. *Introduzione.*

Non sono i soli organi elettrici, per la esistenza dei quali i tre pesci elettrici, Torpedo, Malopterurus e Gymnotus si distinguono da tutti gli altri animali ed in ispecie dai loro più vicini parenti, dalle raje, dai siluri e dalle anguille non elettriche. Oltre agli organi elettrici caratteristici, ognuno dei tre pesci elettrici possiede anco dei nervi elettrici che gli sono particolari ed i cosidetti organi elettrici centrali, i quali, come gli organi elettrici stessi, non trovano nessuna omologia nell'anatomia degli individui più affini ai pesci elettrici.

Quello che da più lungo tempo è conosciuto è l'organo elettrico centrale della torpedine. Già da un pezzo si conosce l'esistenza di un lobo particolare a questo pesce, situato nella fossa romboidale, fra il midollo allungato, il cervelletto ed i corpi quadrigemini. Questo lobo, della grandezza all' incirca di una fava, è caratterizzato per il suo bel colore di limone, e dà origine da ambedue i lati ai cinque grossi tronchi nervosi che sono destinati agli organi elettrici. Inoltre si sa, già quasi dal principio dell' istologia scientifica, che questo lobo elettrico - come fu chiamato - è composto principalmente da cellule ganglionari di straordinaria grandezza. Le loro dimensioni soverchiano notevolmente quelle delle cellule ganglionari di tutti gli altri animali sprovvisti di organi elettrici; ed è precisamente per questa qualità che queste cellule non hanno mai cessato di essere per gli istologi un argomento di vivo interesse e di accurato esame.

Più rimarchevole ancora dell' organo elettrico centrale della torpedine è quello del Malopterurus. Secondo la scoperta di Teodoro Bilharz [1] quest'organo bilaterale è formato da una cellula ganglionare unica e colossale, situata nella porzione superiore del midollo spinale; da essa nasce il nervo elettrico, che originariamente non consiste che in un unico e colossale cilindro assile. Del resto, dopo la pubblicazione della celebre monografia del Bilharz, il pajo delle cellule ganglionari che rappresenta l'organo elettrico centrale del Malopterurus, non è stato più esaminato da nessun altro istologo.

Sull'organo elettrico centrale del Gymnotus le nostre conoscenze sono le meno soddisfacenti. Soltanto con grande riserva Max Schultze [2] parla di grandi cellule

( ) *Das elektrische Organ des Zitterwelses.* Leipzig 1857.

(2) *Zur Kenntniss der elektrischen Organe der Fische.* Erste Abtheilung: Malopterurus. Gymnotus. — Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Halle. Vol. IV, 1858.

ganglionari distribuite per tutta la lunghezza del midollo spinale, che dovrebbero essere considerate come gli organi centrali dei nervi elettrici, e che si incontrano in tutta la lunghezza del midollo spinale. È necessario però di fare ulteriori ricerche per verificare meglio queste asserzioni che sono incerte, perchè lo Schultze non ebbe a sua disposizione che preparazioni conservate in spirito di vino, le quali per la soluzione di tali quistioni lasciano molto a desiderare.

Lo scopo della presente monografia è quello di dare una esatta descrizione del lobo elettrico della torpedine, di stabilire la sua composizione anatomica, la sua configurazione topografica ed i suoi rapporti anatomici colle rimanenti parti del sistema nervoso centrale. Per raggiungere questo scopo fu adoperato il metodo di Stilling, cioè l'esame al microscopio di una serie continua di tagli traversi e longitudinali successivi. Questo metodo, quantunque basti per risolvere le prime due parti del problema, riesce però impotente a schiarire completamente anche la terza e più importante quistione. Se per mezzo di esso si può stabilire con esattezza e precisione la composizione anatomica e la topografia del lobo elettrico, non si arriva però a determinare in un modo completo e definitivo le connessioni ed i rapporti anatomici esistenti fra l'organo elettrico centrale, e le rimanenti regioni del sistema nervoso centrale della torpedine. Una soluzione definitiva di quest'ultimo problema richiede, come base naturale e necessaria, la completa conoscenza anatomica degli altri centri nervosi della torpedine stessa, ed inoltre una esatta conoscenza comparativa degli organi nervosi centrali delle altre specie ad essa più affini, cioè delle raje non elettriche. L'anatomia comparata deve considerare l'organo nervoso centrale della torpedine come un organo centrale di selacio modificato, il quale per l'intercalazione d'un nuovo centro di natura specifica, cioè del lobo elettrico, ha subìto profonde alterazioni anatomiche che mancano agli altri selaci, e che non possono essere apprezzate nel loro significato anatomico e fisiologico, se non comparandole col cervello degli altri selaci non elettrici. Adesso però è ancora impossibile di istituire una tale comparazione, perchè finora la scienza non ci fornisce conoscenze abbastanza esatte sugli organi nervosi centrali dei selaci. È dunque evidente, che la quistione dei rapporti anatomici e fisiologici del lobo elettrico colle rimanenti regioni del sistema centrale nervoso, non può essere risoluta che in un modo molto incompleto: perchè manca la condizione fondamentale della sua soluzione definitiva, cioè la conoscenza esatta della struttura e delle connessioni degli altri centri nervosi, che stanno in rapporto col lobo elettrico.

2. *Letteratura.*

Il medico toscano Stefano Lorenzini, scolaro del celebre Francesco Redi, è il primo anatomico che abbia fatto menzione del lobo elettrico della torpedine. Nella sua monografia anatomo-fisiologica sulla torpedine, pubblicata nell'anno 1678 (¹), l'organo nervoso centrale di questo pesce viene per la prima volta completamente descritto e raffigurato. I due lobi olfattori fusi in una sola massa tondeggiante vengono descritti come *tubercolo grande.* I retrostanti emisferi cerebrali sono, nella terminologia

(¹) *Osservazioni intorno alle torpedini.* Firenze 1678.

del Lorenzini, il primo pajo di tubercoli. La massa centrale dei centri nervosi, la quale posteriormente si fonde con questi, costituita dai grandi corpi quadrigemini e dal cervelletto, viene paragonata dal Lorenzini al cervelletto dei mammiferi. Il lobo elettrico, suddiviso in due metà da un solco mediano, che sta dietro a questa massa centrale, viene dal Lorenzini distinto con il nome di secondo pajo di tubercoli. Con molta precisione poi il Lorenzini descrive l'origine, che da questo lobo hanno i grossi tronchi dei nervi elettrici: chiama il quinto pajo la parte inferiore di essi, paragonandola al nervo trigemino dei mammiferi, mentrechè annovera come pajo sesto i tronchi posteriori, facendoli corrispondere al pajo ottavo ossia al nervo vago dei mammiferi.

Quantunque con questa scoperta del Lorenzini, la conoscenza del lobo elettrico come di una parte anatomica speciale dell' encefalo della torpedine rimonti sino al XVII secolo, pure un più profondo e giusto apprezzamento anatomico di esso, quale organo unico nel regno animale non appartiene che al nostro secolo. Un tale concetto anatomico comparativo non poteva formarsi, che allora quando, in seguito ai grandi progressi fatti nell'anatomia comparata, erano già stabiliti i principî fondamentali che determinano la morfologia del sistema nervoso centrale dei vertebrati.

Alessandro di Humboldt fu il primo che fece rilevare il lobo elettrico, come una particolarità anatomica speciale propria alla sola torpedine. Appena che egli aveva posto il piede sul continente americano e mentre stava tutto intento a fare i suoi preparativi pel viaggio nell' interno del paese (1799), a Parana gli fu portata una torpedine, che egli subito si mise a dissecare per accertarsi della sua identità anatomica con quelle altre torpedini a lui ben note, del mare Mediterraneo. Fu in questa circostanza, che egli dissecando l'encefalo fu sorpreso dalla presenza del lobo elettrico al quale accenna con le seguenti parole : « dans lequel (cioè cerveau) il y a - ce qui est sans doute bien extraordinaire - dans la substance médullaire du cerveau deux tubercules (corpora clavata) d'un beau jaune de citron [1] ». È evidentemente da queste parole di Alessandro di Humboldt che ha preso origine il nome di lobo citrino, che allato a quello di lobo elettrico qualche volta si ritrova nella letteratura posteriore; almeno non mi è riuscito di rinvenire un altro dato che fornisca migliore certezza sull'origine di questo nome.

Quasi contemporaneamente ad Humboldt nell' anno 1809 in Italia Jacopi [2] descrisse il lobo elettrico come una particolarità caratteristica dell' encefalo della torpedine, che lo distinguerebbe da quello di tutti gli altri pesci. Egli scrive, che « dietro il cervelletto, la dove in tutti gli altri pesci si continua il midollo oblungato, nella torpedine, invece, vi ha un ingrossamento di sostanza cinerea, il volume del quale supera presso che quello del cervelletto e degli emisferi insieme riuniti ». Lo stesso Jacopi descrive anche con molta esattezza l'origine dei nervi elettrici dal lobo elettrico.

[1] Recueil d'observations de Zoologie et d'Anatomie comparée par A. v. Humboldt et A. Bonpland. Deuxième livraison, Paris 1804 (l'opera completamente pubblicata porta l'anno 1811) p. 53.— Beobachtungen aus der Zoologie und vergleichenden Anatomie. Stuttgart 1807-1809.

[2] *Elementi di Fisiologia ed Anatomia comparata*, Milano 1809, p. 234.

Quantunque così, da due differenti parti, venisse già accennato a questa particolarità unica e caratteristica dell' encefalo della torpedine, pure dovette trascorrere un certo tempo, prima che il lobo elettrico fosse generalmente riconosciuto come un centro nervoso che non avesse il suo omologo in tutta la serie dei vertebrati. Ancora nelle *Philosophical transactions* dell' anno 1832 si trova un lavoro di John Davy, nel quale l'autore pubblica una esatta figura dei centri nervosi della torpedine, compreso il lobo elettrico, senza però fare motto nel testo del suo scritto, del significato anatomico speciale di questo organo ([1]).

G. Carus ([2]) e Arsaky ([3]), i quali egualmente pubblicarono figure del sistema nervoso centrale della torpedine, non hanno fatto avanzare la conoscenza del lobo elettrico. Per quanto io ho avuto mezzo di conoscere, fu il valente anatomico napoletano delle Chiaje ([4]), il quale a questo lobo, che fino al suo tempo non aveva avuto nome che, o dalla sua forma (corpora clavata), o dal suo colore (lobus citrinus), diede il nome che poi gli è rimasto, cioè di lobo elettrico, nome che è preferibile perchè corrisponde alle sua funzione caratteristica. Come A. di Humboldt, la scoperta del quale non sembra essere stata nota a lui, anche delle Chiaje rimase impressionato da quel colorito caratteristico e particolare al lobo nello stato fresco, che descrive come pagliarino. Per dimostrare i rapporti del lobo elettrico col midollo allungato, sul quale è appoggiato, il delle Chiaje dà a piccolo ingrandimento la figura esatta di un taglio trasverso dell' organo centrale della torpedine: è però strano che, con tutto ciò, ad un dissettore tanto valente come lui sia sfuggito il fatto che i nervi elettrici prendono la loro origine dalla sostanza del lobo elettrico; egli crede piuttosto che essi nascano dal midollo allungato, e combatte risolutamente quanto aveva già ammesso il Jacopi sulla connessione di essi col lobo elettrico stesso.

Questo errore di delle Chiaje fu finalmente rettificato nell'anno 1844 da Paolo Savi, il quale nella sua celebre monografia sul sistema nervoso e sull'organo elettrico della torpedine ([5]) stabilì in una maniera definitiva tutto ciò che riguarda l'anatomia macroscopica del lobo elettrico. Savi rivendica al lobo elettrico la funzione esclusiva di servire come centro d'origine ai nervi elettrici, il valore anatomico e fisiologico dei quali per la prima volta in questa monografia viene stabilito con esattezza perfetta: perchè il Savi, quantunque ritenga nella sua nomenclatura ancora

([1]) *Researches anatomical and physiological.* London 1839, vol. I.

([2]) *Versuch einer Darstellung des Nervensystems und insbesondere des Gehirns nach ihrer Bedeutung, Entwickelung und Vollendung im thierischen Organismus.* Leipzig 1814, taf. II fig. 25-27.

([3]) Apostoli Arsaky Epirotae Commentatio de piscium cerebro et medulla spinali, scripta auspiciis et ductu Johannis Frederici Meckelii, denuo edita fragmentis de eadem re additis a Gustavo Guglielmo Minter. Lipsiae 1836, taf. III fig. 7 (Prima edizione. Halle 1813).

([4]) *Anatomiche disamine sulle Torpedini.* Atti della R. Società Borbonica delle Scienze. Tornata del 10 aprile 1839 Napoli. Non ho potuto raccapezzare se il nome « lobus electricus » fosse non già occorso in una anteriore pubblicazione di delle Chiaje: secondo il Valentin il delle Chiaje pubblicò già nell'anno 1836 una figura del sistema nervoso centrale della torpedine nelle sue *Istituzioni di notomia comparata.* Napoli 1836, tomo III tav. XXVII fig. 5 e 8.

([5]) *Études anatomiques sur le système nerveux et sur l'organe électrique de la Torpille.* Vedi Matteucci, *Traité des phénomènes électrophysiologiques des animaux.* Paris 1844.

gli antichi nomi del Lorenzini, e chiami ramo del Quinto il tronco anteriore, e rami del Vago i quattro tronchi posteriori del nervo elettrico, fa pure rilevare che tutti questi cinque nervi debbono essere considerati come nervi perfettamente nuovi, sopraggiunti al sistema nervoso della torpedine per servire ad una funzione nuova, e che per questo non trovano nessuna analogia nel sistema nervoso degli altri vertebrati.

Frattanto si era incominciato anche l'esame microscopico del lobo elettrico. Al Valentin (1) spetta il merito di avere pel primo adoperato il microscopio per lo studio di questo organo: egli descrive la sostanza del lobo elettrico come esclusivamente composta da cellule nervose colossali, separate l'una dall'altra per mezzo di guaine reticolate, e disposte come in una specie di intreccio. In modo simile si pronunziò pochi anni dopo anche il Savi sulla composizione microscopica del lobo elettrico.

Da Harless (2) nell'anno 1846 incomincia poi una nuova epoca nella storia scientifica del lobo elettrico, che può essere chiamata l'istologica. Questo scienziato fu il primo a richiamare l'attenzione sulle particolarità istologiche delle cellule ganglionari colossali scoperte dal Valentin, e a fare rilevare i molti e grandi vantaggi (per es. la loro facile isolazione ecc.) che appunto queste cellule ganglionari offrono nella ricerca istologica. D'allora in poi queste cellule sono rimaste l'oggetto prediletto di tutti quelli osservatori, che si occuparono dell'istologia del sistema nervoso. Rodolfo Wagner coi suoi scolari Billroth e Meissner (3) stabilì pel primo in un modo non ambiguo la connessione delle fibre nervose midollari colle cellule ganglionari. Più tardi Max Schultze (4) fondava su di esse la sua teoria sulla struttura fibrillare dei cilindri assili e della sostanza delle cellule ganglionari. J. Kollmann (5) cercò di dimostrare in esse, cosa che aveva tentato già anche Harless, la connessione del nucleo col cilindro dell'asse. Ultimamente F. Boll (6) si è occupato dello studio istologico di queste cellule.

Mentrechè i suddetti micrografi si dedicarono esclusivamente allo studio delle quistioni istologiche fondamentali, che si collegano a queste cellule ganglionari, io in un'altra pubblicazione già da qualche tempo venuta alla luce (7) mi diressi per una via diversa, tralasciando tutte le quistioni puramente istologiche, e limitandomi

(1) *Beiträge zur Anatomie des Zitterales.* Neue Denkschriften der allgem. Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften. Vol. VI 1842. — Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Vol. 1 p. 266, articolo: *Elektricität der Thiere.*

(2) *Briefliche Mittheilung über die Ganglienkugeln der lobi electrici von Torpedo Galvanii.* Müller's Archiv 1846.

(3) Nachrichten der G. A. Universität und der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen 1851 n. 14.

(4) *Observationes de structura cellularum fibrarumque nervearum.* Akademisches Programm. Bonn 1868.

(5) *Ueber den Kern der Ganglienzellen.* Sitzungsberichte der königlich bayr. Akademie der Wissenschaften zu München 1872.

(6) *Neue Untersuchungen zur Anatomie und Physiologie von Torpedo.* Monatsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften. 1875, p. 710.

(7) *Beiträge zur Kenntniss des elektrischen Centralorgans von Torpedo.* Reichert und du Bois-Reymond's Archiv 1873, p. 751.

di istituire una ricerca secondo il metodo dello Stilling, per stabilire con precisione la composizione anatomica e la topografia del lobo elettrico, risolvendo così un problema che dai sopradetti autori era stato quasi per intiero trascurato. Con questa prima pubblicazione però non potei che incompletamente risolvere il problema che mi era posto. D'allora in poi ho continuato lo studio del lobo elettrico col metodo di Stilling, facendo ed esaminando non solo dei tagli trasversi come aveva fatto esclusivamente nel mio primo lavoro, ma anche un gran numero di tagli longitudinali; cosicchè mi trovo adesso in grado non solo di correggere qualche errore contenuto nella mia prima pubblicazione, ma di potere presentare ai micrografi una monografia anatomica del lobo elettrico, che può dirsi quasi completa (¹).

3. *Osservazioni generali sull'anatomia del lobo elettrico.*

Il lobo elettrico della torpedine si frappone tra il midollo allungato, i corpi quadrigemini ed il cervelletto, e cuopre completamente negli organi centrali veduti dal di sopra, la regione della fossa romboidale, la quale, nella torpedine, come formazione speciale anatomica, propriamente non esiste. Mercè questa frapposizione del lobo elettrico, le parti che nell'encefalo degli altri selaci si trovano in immediato contatto (cioè il midollo allungato da una parte, ed i corpi quadrigemini e cervelletto dall'altra parte), vengono considerevolmente allontanate l'una dall'altra ed appaiono nella loro relativa posizione, trasfigurate in un modo che non trova veruna analogia nell'anatomia comparata.

Visto dal di sopra, il lobo elettrico si presenta precisamente sotto la forma caratteristica riprodotta nel disegno schematico della fig. 2. Per procurarsi questa veduta completa della sua forma, bisogna togliere via prima le porzioni del cervelletto e dei corpi quadrigemini che cuoprono e circondano, superiormente e dai lati, la sua parte anteriore. Senza questa preparazione soltanto i due terzi posteriori del lobo elettrico si presentano completamente liberi: il suo terzo anteriore viene coperto e nascosto all'occhio da porzioni del cervelletto, che vi si sovrappongono.

Le dimensioni del lobo elettrico, in individui adulti e lunghi 35-40 centimetri, sono un centimetro di larghezza ed un centimetro e mezzo di lunghezza.

Molto particolare è negli individui adulti il colore del lobo, il quale condusse Alessandro di Humboldt e delle Chiaje a chiamarlo il lobo giallo di limone o il lobo pagliarino. Questo speciale colorito è dovuto al pigmento olivastro, che si trova deposto in forma di granuli nella sostanza delle cellule ganglionari, il quale per la sua natura ed il suo aspetto, risulta identico al pigmento che si trova nelle grandi cellule ganglionari delle corna anteriori del midollo spinale nei mammiferi adulti.

(¹) Quanto ai dettagli del metodo di ricerca è da notarsi che gli organi nervosi centrali, presi sempre da animali appena uccisi, furono induriti parte nel liquido di Müller e nel bicromato di ammoniaca, parte nell'alcool. I tagli trasversi e longitudinali furono fatti col rasoio a mano libera e colorati col carminio (in molte diverse combinazioni e concentrazioni) e coll'ematossilina (specialmente i preparati nell'alcool).

Vi è uno solo, o vi sono due lobi elettrici? Il lobo elettrico è diviso nella linea mediana, e composto da due metà anatomiche eguali e simmetriche, come il cervello dei mammiferi, ovvero deve essere considerato come un unico organo centrale nervoso, entro il quale le vie e le trasmissioni nervose trapassano la linea mediana? Questa dimanda ebbe diverse risposte dai differenti autori. Lorenzini, il quale chiama il lobo il secondo pajo di tubercoli, sembra di avere ammesso la seconda versione. Anche Humboldt scrive di due tubercoli, Valentin e Harless di lobi elettrici; dall'altra parte tanto Jacopi quanto delle Chiaje parlano di un solo rigonfiamento. All'opinione di questi due si dichiarano espressamente contrarî Savi e St. Sihleanu ([1]). Io stesso, quando pubblicai la mia prima Memoria, era decisamente dell'avviso, che vi fossero due lobi elettrici divisi da una fenditura mediana, come mi sembrava esser dimostrato in un modo non equivoco dalle mie preparazioni microscopiche. A questo mio modo di vedere corrisposero anche tutti i disegni pubblicati da me, i quali rappresentano il lobo sempre suddiviso in due metà eguali e simmetriche. Fui adunque molto sorpreso, quando vidi una preparazione del professore Ciaccio di Bologna, nella quale nettamente si scorgeva che le due metà del lobo erano riunite nella linea mediana. La preparazione del professore Ciaccio era fatta dal lobo elettrico di una torpedine marmorata, mentre tutte le mie preparazioni provenivano dalla torpedo narke: credetti dunque che questa diversità potesse forse essere ascritta ad una differenza di specie, e che si dovesse attribuire alla torpedo marmorata un lobo non diviso ed unito nella linea mediana, ma due lobi bilaterali e simmetrici alla torpedo narke. Ma anche questa mia opinione non poteva reggere: perchè dopo essermi procurato materiale fresco in Viareggio della torpedo narke, ed in Porto d'Anzio della torpedo marmorata, risultò che in ambedue le specie il lobo elettrico forma un solo organo fuso nella linea mediana e mai diviso. Però l'unione nella linea mediana è così debole e delicata, e si rompe tanto facilmente, che ordinariamente la sola apertura della cavità del cranio basta a rompere la continuità dei tessuti nella linea mediana, e così si presenta la falsa immagine di un lobo elettrico doppio. Soltanto quando gli organi centrali sono preparati ed induriti colla massima cura, si ottengono tagli trasversi come quelli che sono figurati nelle tavole aggiunte, e nei quali il lobo appare come un organo unico, composto però da due metà simmetriche, saldate insieme nella linea mediana da un rafe di tessuto interstiziale, che esce dalla circonferenza del canale centrale. Se nel primo lavoro non ottenni mai tale preparazione, si deve forse ascrivere a questo, che tutti i centri nervosi dei quali mi servii come materiale di ricerca, erano esclusivamente tolti da animali, ai quali, per iscopo di sperienze fisiologiche, era stata aperta *intra vitam* la cavità del cranio e scoperto il lobo elettrico.

Sui rapporti del lobo elettrico colla pia madre è da osservarsi quanto appresso: La superficie libera del lobo è rivestita da un epitelio a corte cellule, composto da

([1]) St. Sihleanu, *De' pesci elettrici e pseudo-elettrici.* Dissertazione libera presentata per ottenere la laurea in scienze naturali. Napoli 1876. Una compilazione sull'anatomia e fisiologia dei pesci elettrici e pseudo-elettrici che deve essere consultata con una grandissima precauzione: quella erronea affermazione che ho citata, è il solo risultato di ricerche indipendenti e proprie dell'autore, che si trovi in tutto il contesto della Memoria.

elementi molto delicati e deperibili, non vibratili. La pia madre cuopre superiormente il lobo senza però entrare in qualsiasi unione o continuità colla sostanza di esso: fra essa e l'epitelio, che riveste il lobo, rimane sempre uno spazio intermedio libero. Là, ove la superficie del lobo si continua con quella delle altre parti dell'encefalo (midollo allungato, corpi quadrigemini, cervelletto), la pia madre che riveste queste parti, entra in connessione coll'epitelio che riveste la libera superficie del lobo, come se ivi si continuasse immediatamente in questo. Si potrebbe adunque ritenere che la pia madre, che inviluppa l'intiero sistema centrale nervoso, rivestisse anche la superficie libera del lobo elettrico; non però nella sua solita forma di membrana connettivale ricca di vasi, ma trasformata in una membrana sottile priva di vasi e di tessuto connettivo. Altrettanta ragione ha forse però una seconda ipotesi, secondo la quale l'epitelio, che riveste la superficie libera del lobo, dovrebbe considerarsi come una continuazione dell'epitelio del canale centrale. All'estremità anteriore del lobo elettrico, ove esso tocca i corpi quadrigemini, ed ove ha il suo sbocco il canale centrale, la continuità di questi due epitelî può essere dimostrata con grande evidenza.

4. *Tagli trasversi successivi del lobo elettrico.*

Dalla ricca serie di tagli trasversali del lobo elettrico, eseguiti con il metodo di Stilling, basta sceglierne sei per descriverli e raffigurarli. La configurazione anatomica del lobo elettrico non si modifica tanto rapidamente da non poter illustrare tutte le essenziali particolarità anatomiche dell'organo con questa, quantunque ristretta, scelta di figure.

Per meglio intendere quello che verrà in seguito esposto, è utile immaginare il lobo elettrico suddiviso in sei eguali sezioni, incominciando a numerarle dal midollo spinale in avanti.

Di queste sei sezioni, le quattro mediane sono caratterizzate dalla presenza delle radici del nervo elettrico. I tagli trasversi della prima di queste sezioni, che giace vicino al midollo spinale allungato, e quelli della sesta, che è a contatto coi corpi quadrigemini, mancano delle radici del nervo elettrico, le quali caratterizzano invece tutti i tagli trasversi presi nelle quattro sezioni medie.

Il primo disegno da descriversi (fig. 3) è un taglio trasverso fatto verso il mezzo della prima delle sei sezioni.

L'asse cerebro-spinale, al quale il lobo elettrico si sovrappone, presentasi in questo taglio per la maggior parte composto da cordoni di sostanza bianca, trasversalmente tagliati, i quali occupano tutta la porzione inferiore del midollo allungato da ambedue i lati del rafe mediano. Il canale centrale *Cc* in questa regione del midollo allungato non occupa più il centro, come nel midollo spinale, ma è marcatamente ravvicinato alla superficie superiore: tra questo e la superficie dell'asse cerebro-spinale trovasi un sottile strato di sostanza grigia. Questa sostanza grigia contiene grosse cellule ganglionari solo nelle parti più prossime al canale centrale, ove formano un nucleo nervoso *N* il quale trovasi anche nei tagli successivi, quantunque ripetutamente modificato, tanto nella forma quanto nella ubicazione topografica. Per completare finalmente la figura che presenta il taglio trasverso dell'asse

cerebro-spinale, è da notarsi ancora la esistenza di un lungo fascio di fibre nervose il quale sorte lateralmente dal nucleo nervoso *N* ed arriva fino al margine superiore laterale del midollo allungato. Questo fascio di fibre longitudinali limita superiormente la sostanza bianca tagliata trasversalmente e la separa dalla massa molecolare grigia.

Il lobo elettrico in questo taglio trasverso non mostra alcun legame organico coll'asse cerebro-spinale; esso sovrapponesi semplicemente alla faccia superiore di quest'ultimo, rimanendo però separato dalla sua sostanza per una membrana, la quale trae origine dalla pia madre, e che si frappone fra questi due organi. Nel piano mediano, il lobo elettrico mostra una depressione a forma di sella, ma non un rafe mediano. L'altezza del lobo sul piano mediano, in questo taglio trasverso corrisponde a 17 cellule ganglionari situate una sovra l'altra.

Il taglio trasverso raffigurato nella fig. 4 deve considerarsi come fatto all'incirca nella parte mediana della seconda delle sei sezioni; esso mostra alcune non lievi differenze da quello sopra descritto. L'asse cerebro-spinale continua ad esser formato per la maggior parte da sostanza bianca; esso possiede lungo i due lati del rafe, che lo dimezza, una unica serie di cellule ganglionari *M*, le quali da ambedue le parti mandano fuori delle fibre trasversali.

Il canale centrale *Cc* è avvicinato alla superficie superiore e giace precisamente tra l'asse cerebro-spinale ed il lobo elettrico. Il gruppo delle cellule ganglionari *N* si rinviene anche in questo taglio trasverso, ha però cambiato la sua posizione, perduto ogni immediato contatto con il canale centrale e ha preso una posizione più laterale: da esso partesi un grosso fascio di fibre nervose *N*1 il quale entra nel grosso ramo *NE* che in questo taglio trasverso esce dal lobo elettrico.

Il lobo elettrico è divenuto più largo e più alto, la sua altezza in questo taglio trasverso corrisponde nel piano mediano a 25 cellule ganglionari. La depressione a sella esistente nella sua linea mediana è divenuta più stretta e meno profonda: un rafe mediano di tessuto connettivo non è ancora dimostrabile. Dal lobo elettrico in un modo del tutto caratteristico, ha origine il grosso nervo elettrico *NE*, origine la quale ripetesi sempre ed in un modo quasi identico in tutti i tagli che vengono fatti nella 2ª, 3ª, 4ª, e 5ª delle sei sezioni nelle quali fu diviso il lobo elettrico.

Nei tagli molto sottili, i quali possono venire osservati anche con forti ingrandimenti, questa origine delle radici del nervo elettrico rappresenta una figura molto caratteristica ed elegante. Da una parte possono essere seguìti, fino entro la massa intima della sostanza del lobo, fasci più o meno grossi di fibre nervose, mentre dall'altra singole cellule ganglionari ed anche delle serie intiere formate da esse si spingono avanti nella massa riunita del nervo elettrico, il quale già si è formato in un cordone regolare.

Non rinviensi in tutto il regno animale forse un'altra regione, come la suddescritta, ove si possa con tanta facilità ed evidenza dimostrare il fatto fondamentale della fina anatomia dei nervi, cioè il passaggio del prolungamento del cilindro assile nelle fibre nervose. La figura 12 disegnata con forte ingrandimento (Hartnack VIII, 3) fornisce una immagine molto istruttiva di questo rapporto. Il numero straordinario delle fibre nervose prive di origine che si riscontrano nella figura facilmente si spiega pensando alla differente direzione sulla quale può essere portato un taglio, che non può cadere

sempre parallelo al decorso dei nervi, i quali spesso camminano ondeggianti per arrivare a cellule ganglionari poste o più superficialmente o più profondamente. Vi è poi da tenere conto della circostanza, che quei nervi che nascono nel piano del taglio ma più lontani, per raggiungere la sortita comune, debbono scorrere fra le cellule più vicine a questa.

Finalmente in questo taglio trasverso, deve essere notata anche la presenza di un accumulo di sostanza molecolare oscura *O*, il quale nel taglio già rappresentato con la figura 3, non esisteva ancora e che per questo deve essere considerato come un nuovo elemento anatomico sopraggiunto nella seconda delle sei sezioni del lobo elettrico. Questa massa presenta sul taglio trasverso una figura triangolare con un angolo arrotondato a forma di arco, che è situato al lato esterno del nervo elettrico *NE* che esce dal lobo. Con un piccolo ingrandimento questo accumulo apparisce come composto da una sostanza molecolare, ed anche con più forti objettivi non si osservano in esso che cellule ganglionari molto piccole, molto scarse, e di secondaria importanza. Da questa massa originasi un fascio di fibre nervose *O*1 il quale viene ad applicarsi alla superficie esterna del nervo elettrico *NE*, e con questo unitamente decorre, come il fascio nervoso *N*1 proveniente dal nucleo nerveo *N*, si accosta alla superficie interna del nervo elettrico e lo accompagna nel suo decorso.

Il taglio trasverso che segue adesso (fig. 5) è stato condotto nella maggior larghezza del lobo elettrico. Questo punto non corrisponde precisamente al mezzo del lobo ma si trova un poco al di dietro, cosicchè questo taglio trasverso deve essere considerato come condotto nella porzione anteriore della terza sezione.

Nella regione dell'asse cerebro-spinale appaiono quasi inalterate le parti situate fra il rafe ed il lato interno del nervo elettrico: la sostanza bianca, in questo nuovo taglio, appare allargata, rimanendo del resto inalterata nella sua posizione e nei suoi rapporti anatomici. Egualmente quasi inalterata si presenta la serie *M* di singole cellule ganglionari che sono disposte lungo il rafe. Soltanto il nucleo nervoso *N* che si trova in questa regione si mostra notevolmente dislocato: esso appare ancora di più allontanato dal canale centrale e spinto verso la parte laterale, essendo anche più fortemente sviluppato come nel taglio trasverso ultimamente descritto. Il fascio nervoso *N*2 che parte da esso ha subìto una modificazione di direzione che è molto caratteristica: invece di essere riunito al decorso del nervo elettrico *NE* e di mostrare una direzione discendente, come nella fig. 4, esso nella fig. 5 forma quasi un angolo retto colla direzione del nervo elettrico e si dirige in su. Infatti, con un ingrandimento più forte ed in tagli molto sottili, riesce possibile di seguire singole fibre appartenenti a questo fascio nervoso per l'intreccio formato dalle fibre del nervo elettrico e di vederle arrivare perfino fra le cellule ganglionari del lobo elettrico.

Sul lobo e sul grosso nervo elettrico, che da esso parte, non c'è nulla da dire in questo taglio trasverso, che non risulti già dalla figura, cioè che il lobo elettrico qui è arrivato alle sue più grandi dimensioni, tanto in larghezza quanto in altezza, la quale corrisponde a 33 cellule ganglionari.

È rimarchevole che in questo taglio trasverso per la prima volta appare distintamente un rafe mediano, il quale divide il lobo in due metà simmetriche: nella linea mediana al di sopra del canale centrale *Cc* non si trova nemmeno una

cellula ganglionare, ma tutte appaiono poste dall'uno o dall'altro lato, lasciando nel mezzo uno spazio pieno di un tessuto interstiziale molto ricco di vasi. Nelle preparazioni fatte anteriormente da me questo tessuto delicato si era rotto, dando in tal modo luogo al concetto erroneo, che esistessero due lobi elettrici divisi da una fenditura longitudinale. Dalle preparazioni fatte adesso con un materiale migliore risulta con certezza che il canale centrale è dapertutto chiuso e che una volta arrivato alla superficie dell'asse cerebro-spinale mantiene la sua posizione fra l' asse cerebro-spinale ed il lobo elettrico per tutti i successivi tagli trasversi fino alla cessazione completa di quest'ultimo. Come dimostra la fig. 11 disegnata con più forte ingrandimento, il taglio trasverso del canale centrale rappresenta una fenditura bislunga. È rimarchevole che soltanto la sua parete inferiore, che guarda l'asse cerebro-spinale, mostra un vero epitelio cilindrico, mentre nella sua parete superiore, che guarda il lobo elettrico, non si trovano che cellule molto basse e mancanti di qualunque carattere epiteliale.

Rimangono per il taglio trasverso rappresentato nella fig. 5 ancora da studiarsi le parti situate alla parte esterna del nervo elettrico, le quali, comparate col taglio trasverso della fig. 4, hanno preso un considerevole sviluppo.

Il campo *O* di massa molecolare, descritto già nel taglio trasverso della fig. 4 esiste ancora in questo taglio trasverso della fig. 5, avendo però sensibilmente modificato la sua forma e posizione; anche il fascio nervoso *O*, che accompagna il nervo elettrico si riconosce facilmente. Pare evidente che ad esso appartengano anche i fasci nervosi *O*2 che ne sembrano scostati perchè decorrono obliquamente. Oltre di questo campo *O* e dei fasci nervosi *O*1 e *O*2 che stanno in comunicazione con esso, appaiono in questa fig. 5, al lato esterno del nervo elettrico, due nuovi organi, che non erano ancora visibili nell'anteriore fig. 4. Sono questi il campo *Q*, che è formato da sostanza bianca tagliata in direzione trasversa, ed un nastro ristretto *P* di massa grigia molecolare, il quale circonda a guisa di corteccia il campo *Q*. Questo nastro *P* viene suddiviso, per mezzo di vasi sanguigni che entrano dalla periferia, in una serie di pezzi paralleli.

Il taglio trasverso, che adesso segue (vedi la fig. 6) è condotto sul mezzo della quarta sezione. In esso la regione, nella quale le dimensioni del lobo elettrico sono più grandi, è già stata trapassata. Quantunque la sua altezza sia rimasta la stessa e corrisponda anche a 34 cellule ganglionari, come nel taglio precedente, è però notevolmente diminuita la sua larghezza. Anche in questo taglio esiste un rafe mediano distinto che parte dal canale centrale. Il nervo elettrico appare quasi più grande che nella sudescritta fig. 5.

Le parti dell'asse cerebro-spinale che si trovano situate al lato interno del nervo elettrico, hanno subìto delle modificazioni considerevoli. È scomparso completamente il gruppo *M* di cellule ganglionari ed il nucleo nervoso *N* col fascio *N*2 che da esso parte è vicino a scomparire. Invece incomincia a comparire un sistema di fibre trasversali, il quale trapassando per il rafe mediano mette in comunicazione le due metà dell'asse cerebro-spinale. Inoltre compare alla base dell'asse cerebro-spinale un nuovo nucleo *R* di cellule ganglionari. I campi *O, Q, P,* situati al lato esterno del nervo elettrico, continuano ancora a persistere in posizione e forma poco modificata. Ad essi si associa un organo nuovo che li ricuopre, il campo *S* composto di sostanza

grigia, lo strato corticale del quale, precisamente come il campo *P* sudescritto, viene suddiviso in sezioni regolari dai vasi sanguigni che entrano dalla periferia.

Delle modificazioni molto sensibili si ritrovano nella fig. 7 che è tolta dalla quinta sezione del lobo elettrico. Il lobo ritiene anche qui un volume piuttosto considerevole e l'identica altezza di 34 cellule ganglionari come nei due ultimi tagli; quanto alla larghezza però appare piuttosto ristretto. Il fatto caratteristico, pel quale questo taglio trasverso essenzialmente si distingue dal taglio anteriore, è lo scomparire del nervo elettrico il quale non è dimostrabile che in forma di un fascio ristrettissimo *NE* e per un tratto assai breve.

Nella regione dell'asse cerebro-spinale hanno avuto luogo delle modificazioni molto considerevoli. Il sistema delle fibre trasverse che passa per il rafe si è fortemente sviluppato; lo stesso è accaduto del nucleo nervoso *R* il quale ha cambiato la sua posizione allontanandosi dalla periferia ed avvicinandosi sempre più al centro. L'asse cerebro-spinale non trovasi più interrotto dal decorso del nervo elettrico: esiste una continuità perfetta fra la massa principale dell'asse cerebro-spinale e la sostanza bianca del campo *Q* che prima rimaneva separato da esso per mezzo del nervo elettrico (vedi la fig. 6). Il campo *O* è intieramente scomparso; esiste ancora lo strato corticale *P* che circondava la sostanza bianca, quantunque modificato nella forma e nella posizione.

La più forte divergenza dalla fig. 6 è mostrata dal campo *S*. Questo campo arriva adesso all'altezza del lobo stesso ed offre una struttura molto complicata: si ritrovano in esso la massa molecolare grigia, fasci di fibre nervose tagliate in senso trasverso ed in senso longitudinale, inoltre nel suo apice accumuli di granuli, i quali rassomigliano moltissimo a quelli del cervelletto e della retina nei mammiferi. Un fascio nervoso *S*, che parte da questo organo s'incrocia nel suo decorso verticalmente coll'ultimo rimasuglio del nervo elettrico.

La fig. 8 illustra l' estremo del lobo elettrico. Quest' organo prima tanto grande ed importante qui appare compresso e quasi dominato dal campo *S*, l'altezza del quale adesso sorpassa considerevolmente quella del lobo elettrico. In questa sezione l'altezza del lobo corrisponde soltanto a 16 cellule ganglionari; un nervo elettrico non è più visibile. Al lobo elettrico serve come base l'asse cerebro spinale omogeneo, nel quale le fibre trasverse si sono sempre più sviluppate. Il gruppo di cellule ganglionari *R* è scomparso. La sostanza corticale grigia *P* si è conservata quasi nello stesso modo. Il campo *S* appare quasi intieramente composto da quei granuli, che furono già menzionati nella descrizione del taglio antecedente. Il fascio nervoso *S*1 che da esso parte, si aggiunge adesso nel modo più evidente alle fibre trasverse dell'asse cerebro-spinale.

In tutta questa sua ultima e sesta sezione il lobo elettrico, compresso già dai due campi *S* che lateralmente gli sovrastanno, viene coperto superiormente dalla massa dei corpi quadrigemini, che occupa tutto lo spazio che rimane libero fra i due campi *S*. Questa massa dei corpi quadrigemini non è stata riprodotta nella fig. 8, non avendo alcun legame organico coll'insieme anatomico rappresentato in questa figura. Essa rimane separata dalla superficie libera del lobo per mezzo di uno spazio libero piuttosto considerevole, mentre fra essa e gli apici dei due campi laterali *S* si frappongono delle pliche formate dalla pia madre.

5. *Tagli longitudinali successivi del lobo elettrico.*

La direzione ed il piano del primo taglio longitudinale, rappresentato dalla fig. 13, si rilevano dal diagramma fig. 2. I fasci del nervo elettrico tagliati trasversalmente occupano una parte relativamente grande della figura, mentre la massa delle cellule ganglionari ne occupa una più piccola; fatto che facilmente comprendesi se si immagina che un piano ideale longitudinale divida tutti i sei tagli trasversi adesso contemplati. È anche facile il comprendere che le fibre dei nervi elettrici, le quali decorrono obliquamente, non saranno mai tagliate parallelamente al loro decorso ma sempre obliquamente. In questa figura devesi ancora rilevare la distribuzione regolare delle fibre del nervo elettrico, che formano dei numerosi tronchi più o meno grossi: fatto anatomico che non sarebbe mai risultato dal solo studio delle figure dei tagli trasversi.

Nel taglio longitudinale rappresentato dalla fig. 14, invece i fasci del nervo elettrico scompaiono quasi intieramente dinanzi al potente sviluppo delle cellule ganglionari del lobo, l'intiera massa del quale viene pressochè ad essere occupata da esse. Corrispondentemente al piano nel quale venne fatto il taglio (vedi la figura schematica 2) non si riscontrano che al margine inferiore del lobo delle fibre nervose, le quali ivi si raccolgono per formare i tronchi del nervo elettrico. Deve poi essere preso in considerazione il sottile cuneo di sostanza grigia *N*, contenente un gran numero di cellule ganglionari, il quale si frammette tra il lobo elettrico e l'asse cerebro-spinale che quivi si trova tagliato lungo il suo asse longitudinale. Questo cuneo non è altro che il nucleo *N* ben noto dallo studio dei tagli trasversi: ed è evidente che la sua figura longitudinale corrisponde alla persistenza, con la quale questo nucleo accompagnava i varî tagli successivi trasversi.

Le cellule ganglionari che compongono questo nucleo, quando vengono studiate con un ingrandimento più forte (Hartnack VII, 3) appaiono elementi anatomici di una struttura molto particolare, che differiscono assai da quelle che si trovano nelle corna anteriori del midollo spinale, e che furono riprodotte nella fig. 9. All'opposto di queste, le cellule ganglionari le quali formano il nucleo *N* (fig. 16 a f) presentano una figura molto allungata ed un corpo molto assottigliato. Il loro nucleo ellittico si trova quasi sempre nel centro della cellula fusiforme. Queste cellule ai loro estremi si prolungano in processi estremamente fini ed allungati e per la maggior parte ramificati [1].

Un'altra, ma parimente caratteristica immagine di questo nucleo *N* offre l'ultimo taglio longitudinale raffigurato nella fig. 15 (vedi la figura schematica 2). Quivi chiaramente si vede come il nucleo possiede il suo principale accumulo sotto l'estremità posteriore del lobo elettrico, stendendosi da una parte, sotto forma di un cuneo stretto, anteriormente, e mandando dall'altra parte tre lunghe file di cellule ganglionari, le quali si dirigono indietro e penetrano tra i cordoni del midollo allungato.

Non è difficile ad essere compreso come in questo taglio, che fu condotto nella vicinanza immediata del piano mediano (vedi la figura schematica 2), non si trovi

[1] Disgraziatamente, solo con tagli trasversi di preparati induriti, ho potuto stabilire le proprietà di queste interessanti cellule; mai ho adoperato il metodo dell'isolazione.

traccia del nervo elettrico, il quale (come già insegna l'esame dei tagli trasversi) non arriva mai abbastanza vicino alla linea mediana per rendersi appariscente sopra uno di tali tagli longitudinali, così vicini alla medesima. Avviene dunque, come infatti si vede nella fig. 15, che un taglio, il quale corre su questo piano, non può presentare nessuna altra immagine tranne quella di un vasto campo, il quale è riempito da cellule ganglionari in un modo omogeneo.

6. *Risultati anatomici e fisiologici.*

La descrizione dei tagli trasversi e longitudinali successivi, fatta nei due precedenti capitoli, basta a fornire una idea completa della configurazione e della composizione del lobo elettrico. La sua struttura è oltremodo semplice: in esso non esiste, come fu supposto da Harless, una diversità delle cellule ganglionari che lo compongono: consiste invece da un grandioso numero di cellule ganglionari colossali (il loro diametro è di 0,11 mm. all'incirca negli individui adulti) di forma e grandezza completamente identica. Ognuna di queste cellule possiede un prolungamento assile, il quale esce dal lobo costituendo il cilindro-asse di una fibra del nervo elettrico. Oltre a queste fibre nervose, alle cellule ganglionari, dalle quali prendono origine, ed al sistema dei prolungamenti ramificati che escono dalle cellule ganglionari, non esistono nella sostanza del lobo elettrico altri elementi anatomici di natura ganglionare. Non contiene altro che vasi sanguigni ed un tessuto connettivo molto scarso: rappresenta adunque un centro nervoso di semplicità straordinaria.

È interessante determinare quante cellule ganglionari possano esistere nel lobo elettrico. Già Boll ha fatto un tale calcolo, il risultato del quale però non è completamente esatto, avendo egli dovuto limitarsi ad adoperare il metodo molto imperfetto di annoverare direttamente sotto il microscopio il numero delle cellule contenute nei singoli tagli del lobo. Io, per lo stesso scopo mi sono servito del metodo più objettivo di annoverare le cellule non sulle preparazioni microscopiche stesse ma in fotografie [1] che mi volle eseguire, colla solita sua gentilezza e maestria, l'illustrissimo signore abate conte Francesco Castracane, al quale mi è grato di porgere qui i miei più vivi ringraziamenti. Questo metodo offrì il vantaggio di potere segnare ogni cellula già annoverata con un puntolino, cosicchè i due modi possibili di sbagliare, cioè di non annoverare una cellula o di annoverarla due volte, vengono egualmente esclusi.

Con questo metodo ho potuto stabilire che nell'estensione della 2ª, 3ª, 4ª, e 5ª sezione ogni taglio trasverso contiene almeno 800 cellule da ogni lato della linea mediana e sovente anche più (p. e. 826). Nel più lungo diametro longitudinale del lobo si contano 108 cellule, cosicchè la spessezza di ognuna delle sei sezioni sarebbe eguale a $108:6 = 18$ cellule. Si ottiene il contenuto della figura stereometrica delle quattro sezioni mediane, figura che si avvicinerebbe presso a poco ad un cilindro, quando si moltiplica la sua base cioè un taglio trasverso $= 2 \times 800$ cellule con l'altezza $= 4 \times 18$ cellule del diametro longitudinale. Questo calcolo dà:

$$2 \times 800 \times 4 \times 18 = 115200.$$

[1] Queste medesime fotografie furono utili anche per disegnare le figure che accompagnano questa monografia.

Per la prima e l'ultima delle sei sezioni il contenuto da aggiungersi a questa cifra sarebbe:

$$2 \times 800 \times 2 \times 18 = 57600.$$

Si deve però tener conto del fatto che il lobo si assottiglia tanto nella direzione del midollo spinale quanto in quella dei corpi quadrigemini. Per questo sembra giusto, di ridurre a metà la somma che darebbero queste due sezioni e di mettere in conto non 57600 ma solo 28800. Questa cifra aggiunta a quella superiore di 115200 dà 144000.

In cifra rotonda adunque il numero delle cellule ganglionari contenute nel lobo elettrico può essere determinato eguale a 150000. Questa determinazione deve destare una riflessione, istruttiva sì ma dolorosa, sul poco che si sa di positivo sulla fisiologia delle cellule ganglionari e sulla incertezza di tutte le conclusioni che vengono tratte dal numero delle cellule ganglionari che esistono in un dato posto. Se vi ha un fatto certissimo nella fisiologia del sistema nervoso, è l'identità funzionale dei due organi elettrici centrali del Malopteruro e della torpedine: ma nel primo caso lo stesso scopo viene raggiunto con un unico pajo di cellule ganglionari, mentre nel secondo abbisognano cento e cinquanta mila elementi cellulari.

Quanto al Malopteruro non si sa se le due cellule ganglionari situate ai due lati del midollo spinale possiedono o no una connessione anatomica. Nella torpedine però le cellule ganglionari, che fanno l'innervazione degli organi elettrici bilateralmente simmetrici, formano una sola ed indivisa massa, entro la quale un rafe mediano è visibile su molti sì, ma non su tutti i tagli trasversi. Forse, questa unità anatomica dell'organo elettrico centrale della torpedine garantisce la sempre contemporanea innervazione dei due organi elettrici, dei quali un solo forse non entra mai in attività isolatamente. Sarebbe a desiderarsi che su questo argomento si facesse qualche esperienza.

L' interessantissimo significato che hanno per l' anatomia comparata gli organi elettrici centrali fu già esposto di sopra, e fu già fatto rilevare, come per la loro proprietà i pesci elettrici dai loro parenti non elettrici si distinguano in un modo non meno caratteristico che per il possesso degli organi elettrici stessi. Lo stesso ragionamento, che di sopra fu applicato agli organi elettrici centrali, deve però essere esteso ancora ad un'altra parte del sistema nervoso: è evidente che nei pesci elettrici, oltre i nervi elettrici e gli organi elettrici centrali, devono trovarsi ancora altre strade nervose particolari, cioè quelle strade di innervazione che mettono in comunicazione i loro organi elettrici centrali colle rimanenti regioni del sistema nervoso centrale, coi centri della volontà e dell'azione riflessa. Poichè in tutti i pesci elettrici la scarica dipende dalla volontà; in tutti i pesci elettrici, quando sono avvelenati colla stricnina, l'organo elettrico risponde all'irritazione riflessa. Queste strade, per mezzo delle quali l'innervazione volontaria e riflessa viene comunicata alle grandi cellule ganglionari degli organi elettrici centrali, sono evidentemente altrettanto caratteristiche per il sistema nervoso centrale dei pesci elettrici come lo sono gli organi elettrici centrali stessi.

Ma quali sono queste strade e ove decorrono? Nel Malopteruro e nel Ginnoto non si sa nulla di esse. Invece nella torpedine con grandissima certezza il nucleo *N* ed il fascio nervoso *N*2, che da esso parte, devono essere considerati come gli organi che comunicano l'innervazione volontaria e riflessa all'organo elettrico centrale e per mezzo di quello all'organo elettrico stesso. La prova di questa asserzione viene fornita

dall'esclusione di tutte le altre possibilità: essendo adesso esaminato colla più minuta esattezza l'organo elettrico centrale della torpedine, ed essendosi stabiliti tutti i suoi rapporti e connessioni colle parti affini del sistema nervoso centrale, non si è trovata che una sola strada nervosa, alla quale potrebbe attribuirsi la funzione di comunicare l'innervazione; e questa strada non è altro che il fascio nerveo *N*2 che parte dal nucleo nerveo *N* e penetra nella sostanza del lobo elettrico stesso. Si debbono dunque considerare le particolari cellule ganglionari del nucleo *N*, le quali si trovano rappresentate nella fig. 16, come gli organi di comunicazione, per mezzo dei quali l'innervazione tanto degli impulsi automatici della volontà, quanto di quelli involontarî prodotti dall'azione riflessa, viene trasportata nella direzione di quei prolungamenti di queste cellule, i quali sortono dal nucleo *N* nella direzione del fascio nerveo *N*2 per entrare nella sostanza del lobo elettrico stesso e per distribuirsi poi nel suo interno, come di sopra fu già descritto. Simili considerazioni, basate sul metodo di esclusione conducono inoltre al risultato, che le fibre decorrenti nel fascio *N*2 entro il lobo devono entrare in una connessione diretta cogli stessi prolungamenti ramificati delle cellule ganglionari grandi: perchè come di sopra fu già posto in rilievo, nella sostanza del lobo, oltre le grandi cellule ganglionari, non esistono altre cellule ganglionari minori. La connessione adunque delle grandi cellule ganglionari con altre strade di innervazione, che è un fatto richiesto dalla fisiologia con necessità assoluta, non può essere immaginata sotto altra forma che quella di una comunicazione immediata dei prolungamenti ramificati delle grandi cellule ganglionari colle fibre nervose che decorrono per la strada del fascio nerveo *N*2.

Così il nucleo *N* potè essere riconosciuto con certezza come il centro, il quale mette in comunicazione l'organo elettrico centrale della torpedine col rimanente del suo sistema nervoso e si potè anche stabilire che questa comunicazione ha luogo per mezzo del fascio *N*2. Molte altre quistioni però che riguardano il nucleo *N* non potevano essere risolute: non essendo fin qui riuscito di trovare le diverse strade, per le quali questo nucleo comunica colle differenti regioni dell'encefalo, col cervello, col cervelletto e col midollo spinale.

È necessario di menzionare ancora una particolarità speciale del nucleo *N*. È evidente che esso non serve esclusivamente alla funzione che testè gli fu attribuita, ma esercita in parte ancora un'altra funzione, colla quale sta in rapporto il fascio nervoso *N*1, che sorte dal nucleo *N*.

Fu già detto di sopra che nei primi tagli trasversi, che ascendendo dal midollo spinale vengono condotti a traverso del nucleo *N*, esso si mostra in connessione con un fascio nervoso *N*1, il quale si applica al lato interno del nervo elettrico ed insieme con esso allontanasi dal lobo. Soltanto sui tagli trasversi che seguono poi, appare il fascio nervoso *N*2 che prende una direzione verticale a quella del nervo elettrico e finisce per penetrare nella sostanza del lobo elettrico stesso.

Si domanda: quale può essere la funzione fisiologica di questo fascio *N*1, il quale si associa al nervo elettrico ed esce insieme con esso dai centri nervosi? In via di ipotesi sarebbe da rispondere, che in questo fascio siano contenuti i nervi motori per i muscoli delle branchie, i quali nervi secondo la scoperta del Savi escono dal centro nervoso insieme col nervo elettrico.

Se questa ipotesi è giusta, il nucleo *N* così prolungato serve nella sua posteriore e nella sua anteriore porzione a due diverse funzioni. La porzione anteriore sarebbe destinata a formare un centro speciale che servirebbe come « centro di comunicazione » all'organo elettrico centrale; la sua porzione posteriore invece avrebbe la funzione di fornire le radici motrici per l'innervazione dei muscoli delle branchie. Con questo concetto sarebbe in pienissimo accordo il fatto che il nucleo *N* tocca colla sua estremità il canale centrale e trae dunque la sua origine da quella regione, la quale, nel midollo spinale, è la sede delle corna anteriori e motrici (vedi la fig. 3).

Una simile quistione come quella sulla funzione del fascio nervoso *N*1 si solleva anche per i fasci nervosi *O*1 e *O*2 che nascono dal centro *O*. Essi, come fa il fascio *N*1 col lato interno, si associano al lato esterno del nervo elettrico ed escono insieme con esso dall'organo centrale. Forse questi fasci devono essere considerati come i nervi sensitivi delle branchie, i quali, come fu trovato dal Savi, decorrono insieme col nervo elettrico. Questa ipotesi ammessa come vera condurrebbe al concetto che la parte respiratoria del nervo vago si trovi in una intima connessione col nervo elettrico già dentro il centro nervoso, e che alla superficie interna di questo nervo si associ la parte motoria, a quella esterna la parte sensitiva del nervo vago. La prima di queste nascerebbe dalla porzione posteriore del nucleo *N*, la seconda dal campo *O*. Disgraziatamente in questo momento ci manca ancora un elemento essenziale per poter risolvere questa quistione con certezza; manca cioè la conoscenza dell'origine dei nervi branchiali presso gli altri selaci più affini alla torpedine.

Delle altre parti, che si ripetono nei differenti tagli successivi del lobo poco o nulla si sa. L'asse cerebro-spinale, che in tutti i tagli trasversi cambia forma e grandezza si trova, sino al di là del mezzo del lobo elettrico, composto da fibre di sostanza bianca tagliata in senso trasverso. È rimarchevole l'aspetto elegante che mostra questa sostanza bianca, essendo suddivisa in piccoli campi per mezzo dei fasci contenenti tessuto connettivo e vasi. Nella quarta delle sei sezioni, nell'asse cerebro-spinale incomincia a comparire un sistema di fibre trasversali che andando avanti da taglio trasverso a taglio trasverso si sviluppa sempre più; questo sistema corrisponde evidentemente all'incrociamento delle fibre nervose che si osserva nel ponte umano.

Sul significato dei nuclei *M* e *N* che si trovano nella regione dell'asse cerebro-spinale non oso nemmeno emettere una ipotesi.

Le formazioni *P* e *S* che cominciano a comparire sul mezzo del lobo elettrico, al lato esterno del nervo elettrico, e che verso la fine del lobo mostrano uno sviluppo tanto considerevole, appartengono, come risulta dall'esame microscopico, al cervelletto, il quale nella torpedine si estende in forma di un processo allungato abbastanza lontano lungo i due lati del lobo.

Sul significato delle sue singole parti e degli elementi istologici che lo compongono non si può dir nulla, perchè ci manca una condizione essenziale cioè la conoscenza della fina anatomia del cervelletto nei selaci non elettrici.

Il fascio nerveo *S*1, che si riscontra nelle figure 7 e 8, corrisponde evidentemente al *Processus cerbelli ad pontem.*

SPIEGAZIONE DELLE FIGURE

Fig. 1. — Ingrandimento 15. Taglio trasverso dalla porzione superiore del midollo spinale della torpedine. *Cc*: canale centrale. *Ca*: corno anteriore. *Cp*: corno posteriore.

Fig. 2. — Ingrandimento 2. Disegno schematico del lobo elettrico di una torpedine adulta visto dal di sopra dopo avere allontanate le parti dei corpi quadrigemini e del cervelletto, che lo cuoprivano di sopra e dai lati. Le linee segnate fig. 1, fig. 4, fig. 5, fig. 6, fig. 7, fig. 8, fig. 13, fig. 14, fig. 15 indicano la direzione nella quale sono stati condotti i tagli trasversi (figg. 3-8) ed i tagli longitudinali (figg. 13, 14, 15) del lobo elettrico.

Fig. 3. — Ingrandimento 15. Taglio trasverso del lobo elettrico condotto pel mezzo della prima delle sei sezioni. *Cc*: canale centrale. *N*: nucleo di sostanza grigia con considerevoli cellule ganglionari, situato nella sostanza del midollo allungato.

Fig. 4. — Ingrandimento 15. Taglio trasverso del lobo condotto pel mezzo della seconda delle sei sezioni. *Cc* e *N* come nella fig. 3. *N*1: fascio nervoso che parte dal nucleo *N* e che nel suo ulteriore decorso s'associa al nervo elettrico *NE*. *O*: campo di sostanza grigia situato al lato esterno del nervo elettrico *NE*. *O*1: fascio nervoso che da esso parte e si associa al lato esterno di *NE*. *M*: una semplice fila di cellule ganglionari situata al lato del rafe esistente nell'asse cerebro-spinale.

Fig. 5. — Ingrandimento 15. Taglio trasverso fatto per la maggiore larghezza del lobo, vicino all'estremità anteriore della terza delle sei sezioni cioè quasi sul mezzo del lobo intiero. *Cc*, *N*, *NE*, *O*, *O*, e *M* come nella fig. 4. *N*2: un fascio nervoso che parte dal nucleo *N* per entrare nel lobo. *O*2: fasci nervosi che partono probabilmente da *O* come *O*1. *P*: campo falciforme di sostanza molecolare e ricca di vasi sanguigni, appartenente alla formazione del cervelletto. *Q*: campo di sostanza bianca tagliata trasversalmente, situato al lato esterno di *NE*.

Fig. 6. — Ingrandimento 15. Taglio trasverso condotto pel mezzo della quarta fra le sei sezioni. *Cc*, *NE*, *N*, *N*2, *O*, *P*, *Q* come nelle figure antecedenti. *R*: gruppo di cellule ganglionari situate alla periferia dell'asse cerebro-spinale. *S*: cervelletto.

Fig. 7. — Ingrandimento 9. Taglio trasverso della quinta fra le sei sezioni. *Cc*, *NE*, *P*, *N* e *S* come nelle figure antecedenti. *S*1: fascio nervoso che parte dal cervelletto, paragonabile al *Processus cerbelli ad pontem*.

Fig. 8. — Ingrandimento 15. Taglio trasverso condotto vicino all'estremità anteriore del lobo. Le lettere come nelle figure antecedenti.

Fig. 9. — Ingrandimento Hartnack VII, 2. *a* — *h*. Otto differenti cellule ganglionari, tolte dai tagli trasversi delle corna anteriori del midollo spinale della torpedine.

Fig. 10. — Ingrandimento Hartnack VII, 2. Dal midollo spinale della torpedine: La porzione del corno anteriore sinistro, che tocca l'epitelio del canale centrale colle sue numerose cellule ganglionari.

Fig. 12. — Ingrandimento Hartnack VII, 2. Canale centrale nel mezzo del lobo elettrico colle cellule ganglionari che lo circondano.

Fig. 12. — Ingrandimento Hartnack VIII, 3. Gruppo di cellule ganglionari dal lobo elettrico.

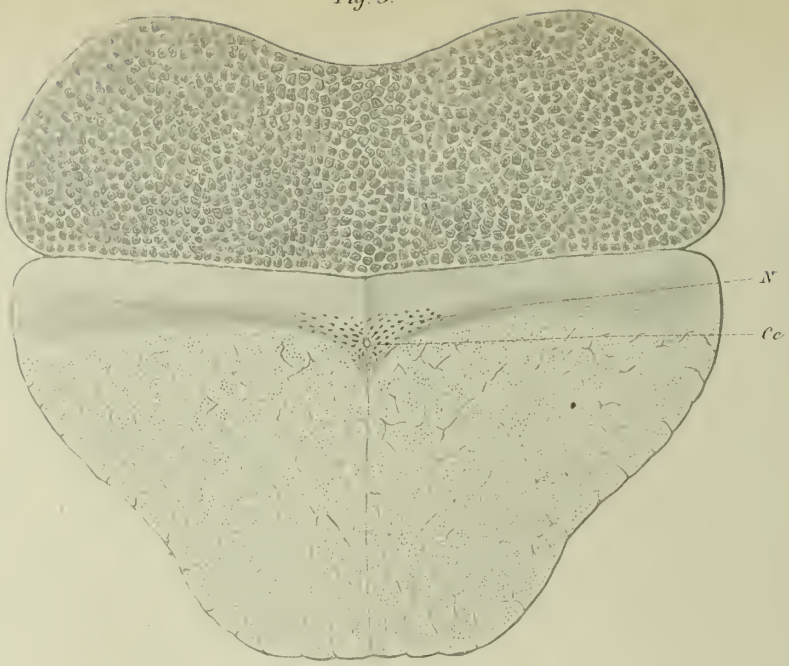
Fig. 13. — Ingrandimento 15. Taglio longitudinale condotto vicino alla periferia del lobo elettrico.

Fig. 14. — Ingrandimento 15. Taglio longitudinale condotto sul mezzo di una delle metà del lobo elettrico. *N*: nucleo nervoso come in fig. 4 e segg.

Fig. 15. — Ingrandimento 15. Taglio longitudinale condotto vicino alla linea mediana del lobo elettrico. *N* come in fig. 14.

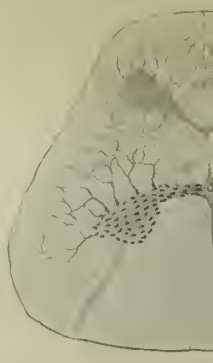
Fig. 16. — Ingrandimento Hartnack VII, 3. *a* — *f*. Sei singole cellule ganglionari tolte da un taglio trasverso del nucleo *N*.

Fig. 3.



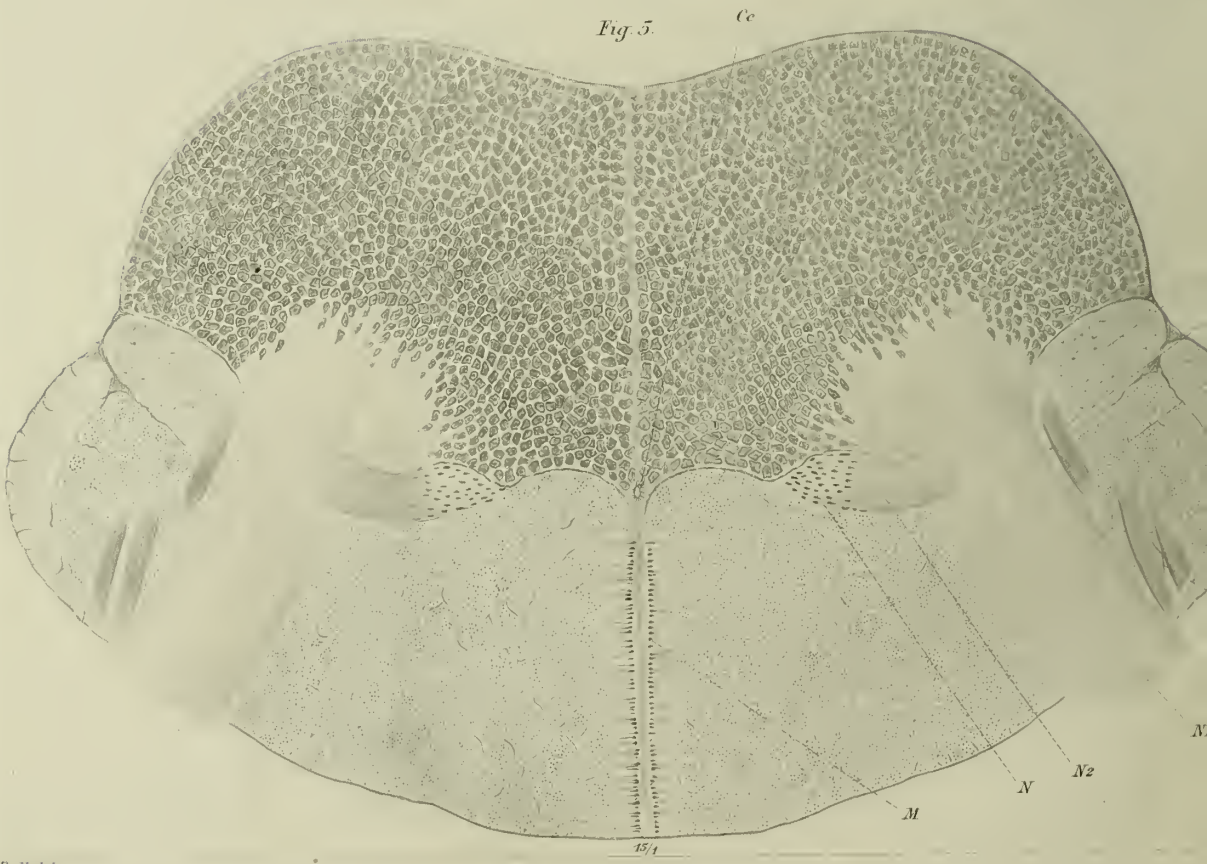
13/1

Fig



13

Fig. 5.

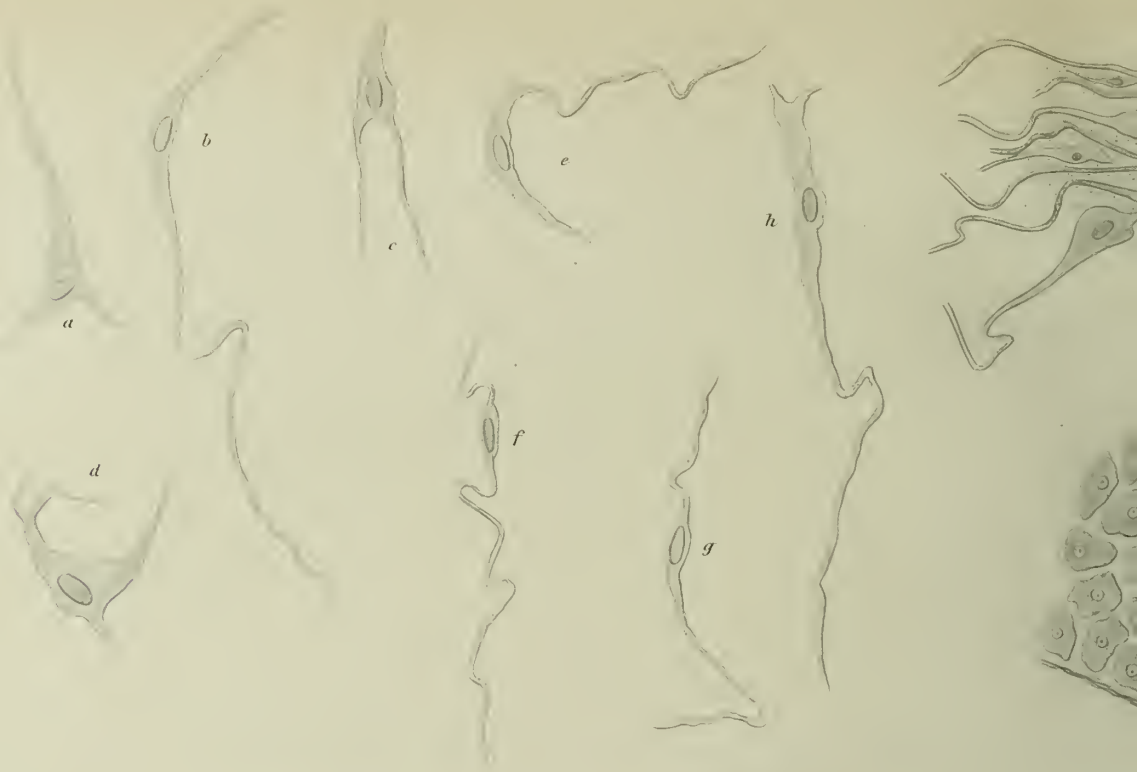


13/1

F. Boll del

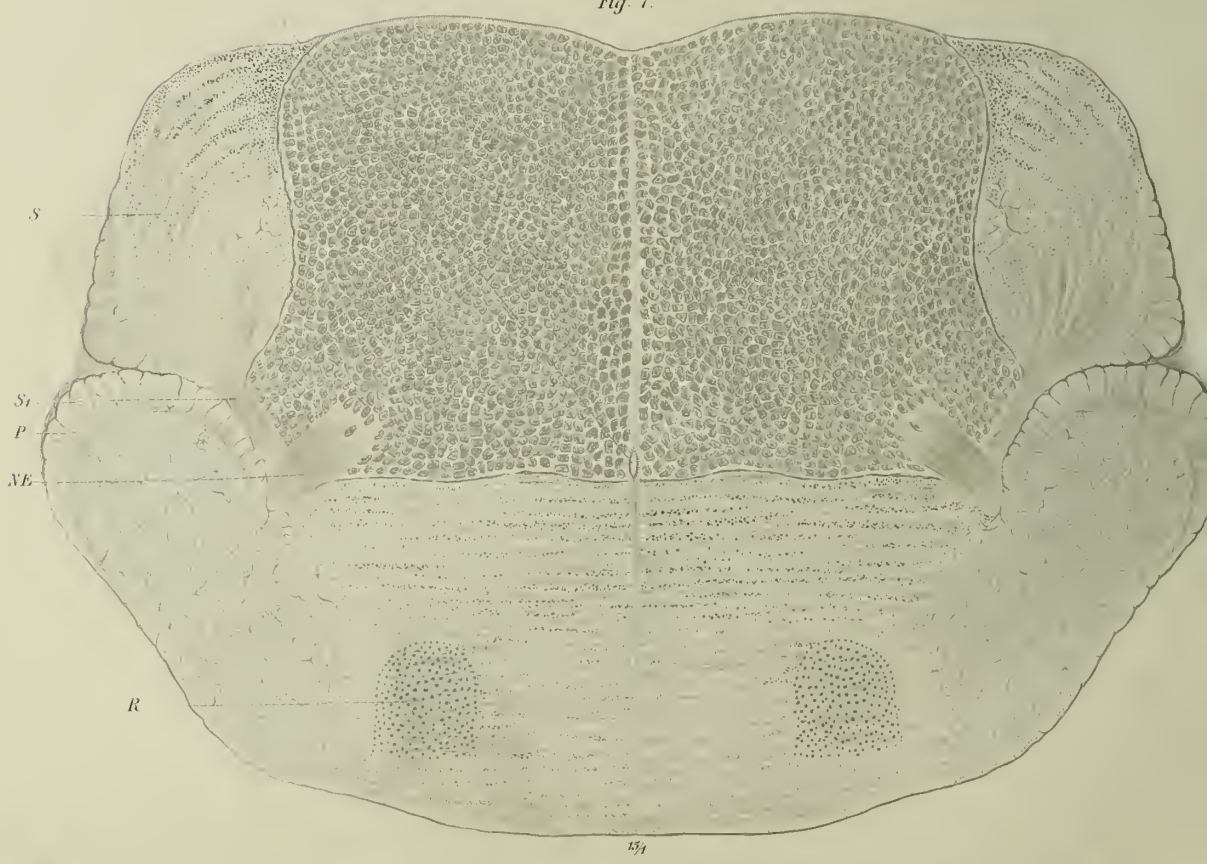
W. Grohmann sc.

Fig. 9.



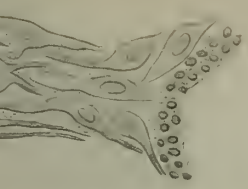
Cc

Fig. 7.



F. Boll del.

Fig. 12.



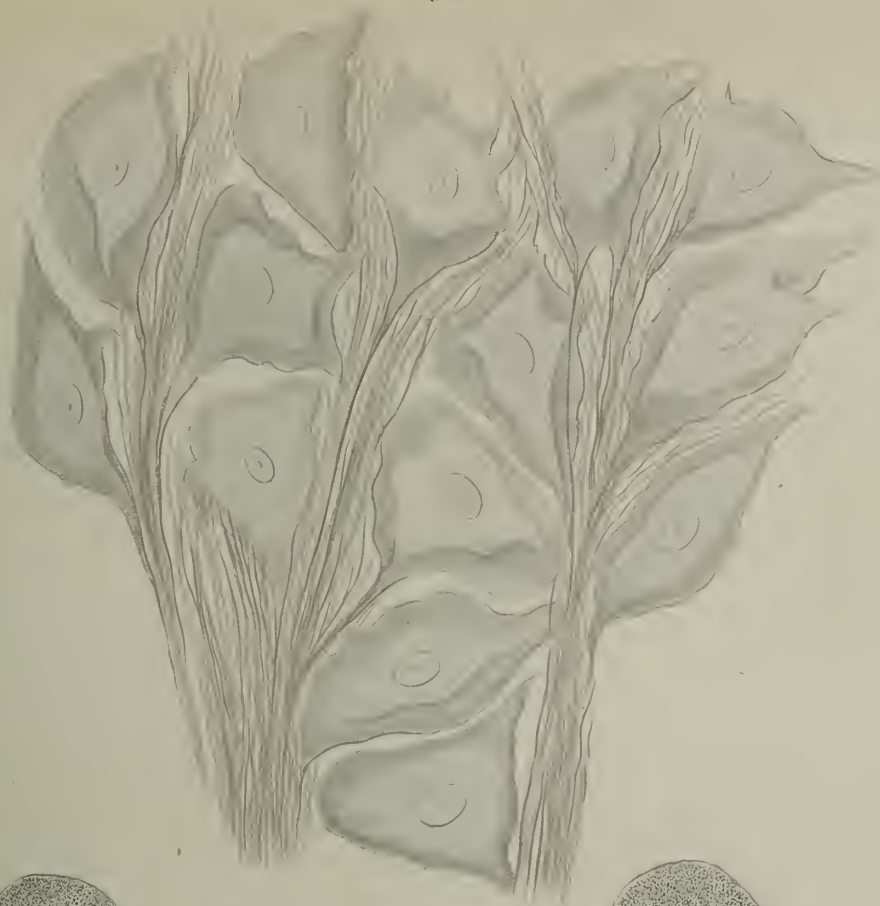
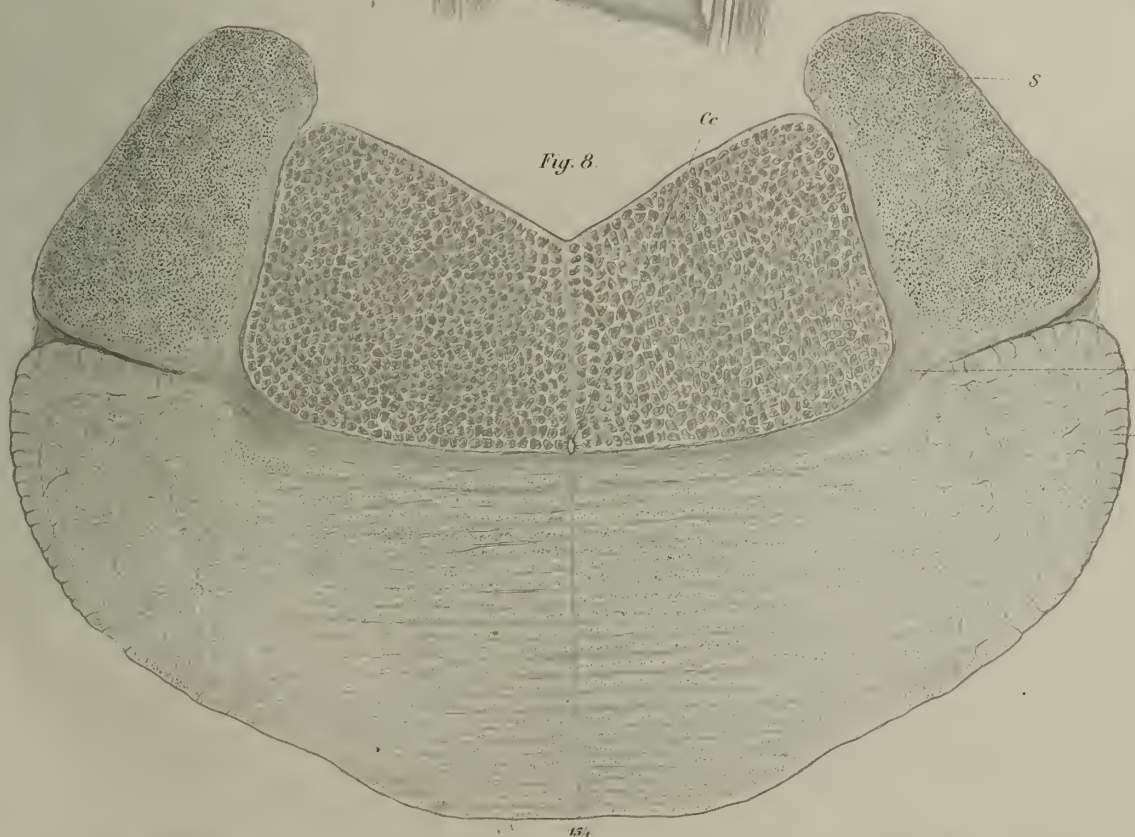


Fig. 8.



W. Grohmann sc

Fig. 16.

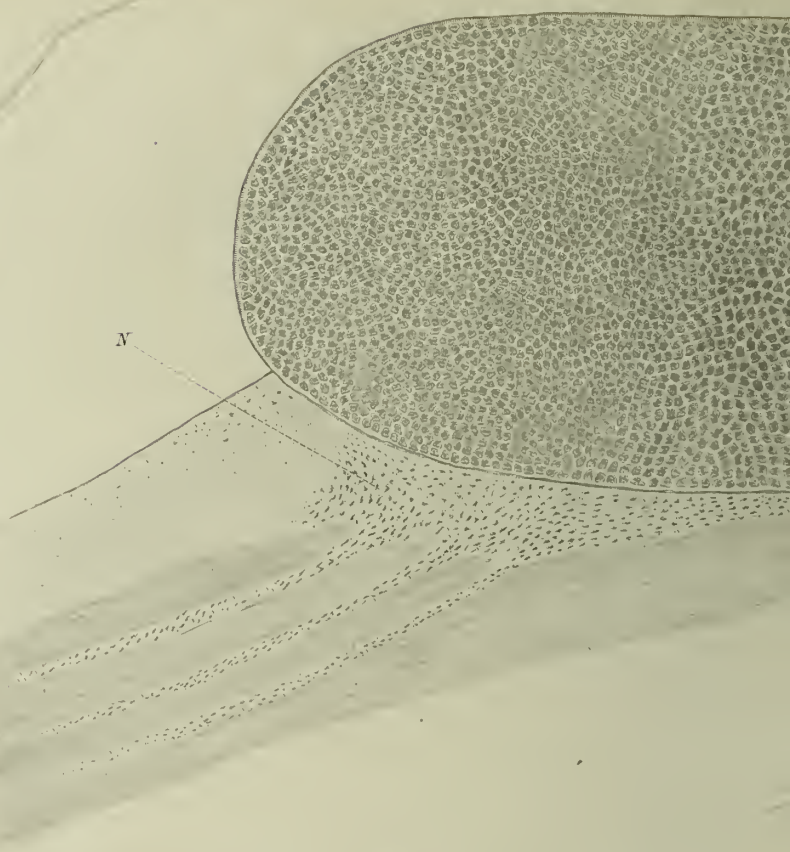
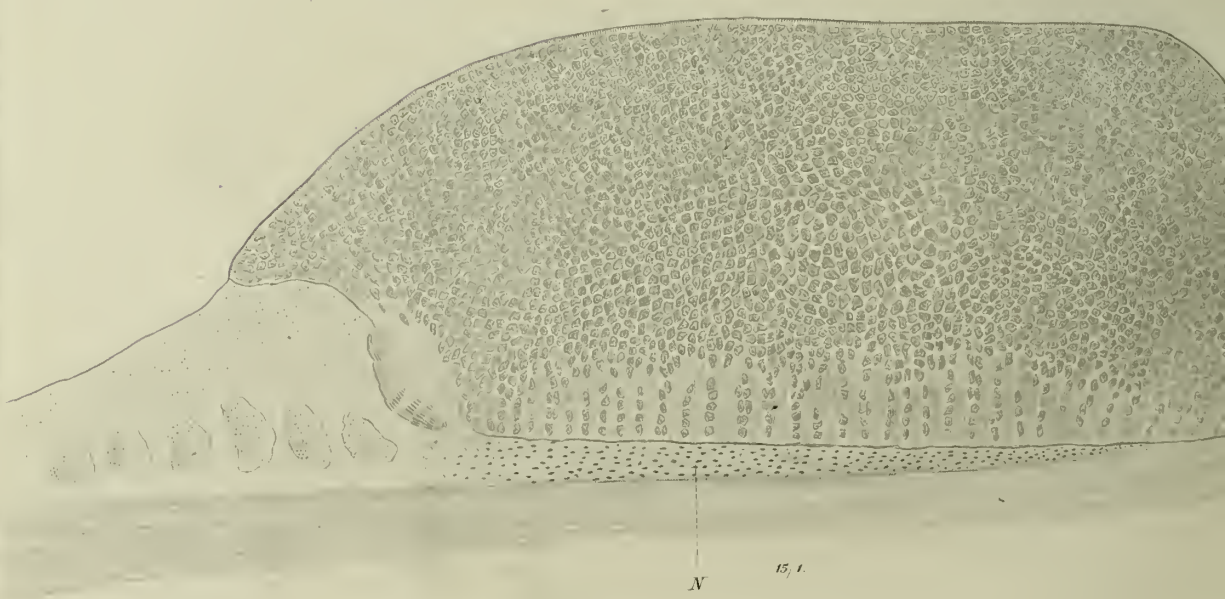


Fig. 11.



F. Boll del

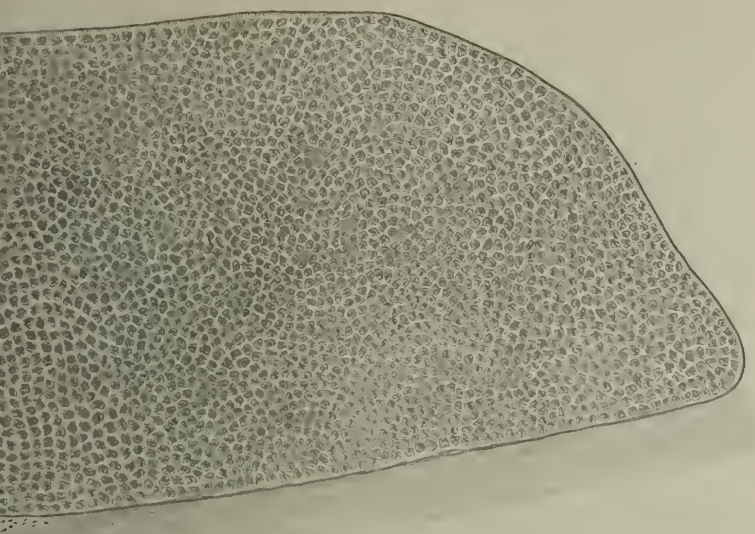


Fig. 16.

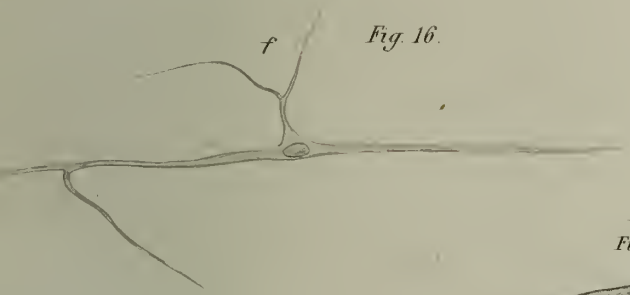
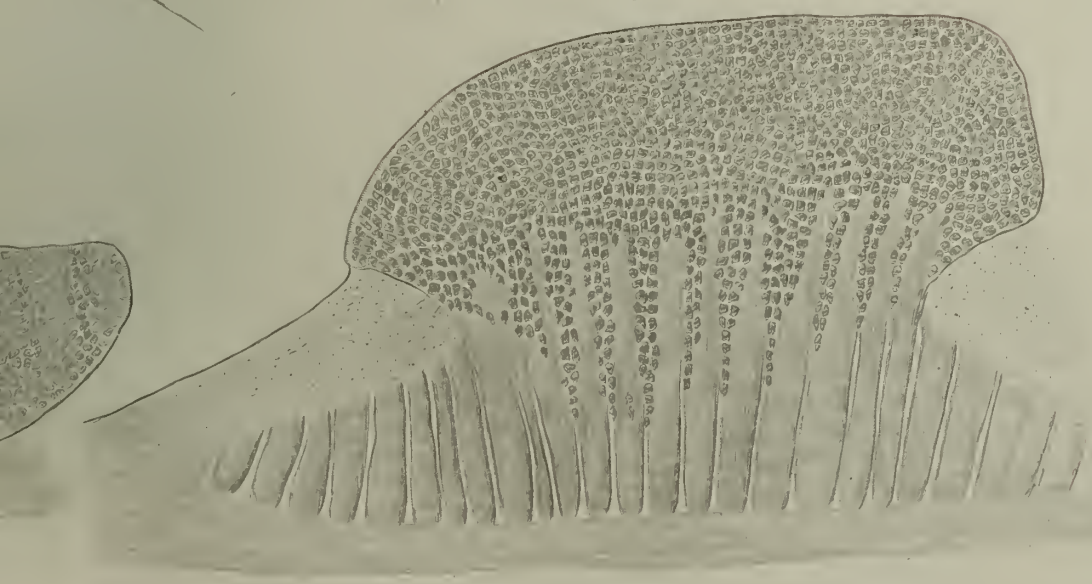


Fig. 16.

Fig. 13.



15/1.

W. Grohmann sc.